



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 23 089 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 D 48/06**  
B 60 K 23/02

⑲ Aktenzeichen: 198 23 089.3  
⑳ Anmeldetag: 22. 5. 98  
㉔ Offenlegungstag: 3. 12. 98

DE 198 23 089 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
197 22 692. 2 30. 05. 97

⑦① Anmelder:  
LuK Getriebe-Systeme GmbH, 77815 Bühl, DE

⑦② Erfinder:  
Berger, Reinhard, Dr., 77815 Bühl, DE; Rogg,  
Andreas, 77815 Bühl, DE; Henneberger, Klaus,  
77815 Bühl, DE; Eschmann, Armin, 53797 Lohmar,  
DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Kupplung  
⑤⑦ Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer  
automatisierten Kupplung.

DE 198 23 089 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Kupplung, insbesondere zum Nullabgleich einer Wegmessung in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einer Kupplung, insbesondere einer im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einem Antriebsmotor und einem Schaltgetriebe enthaltenen Kupplung.

Die Automatisierung von Kupplungen gewinnt in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. In Kraftfahrzeugen läßt sich durch die Automatisierung von Kupplungen eine erhebliche Fahrkomfortsteigerung erzielen. Gleichzeitig sind Verbrauchseinsparungen möglich, da wegen des vereinfachten Schaltens häufiger in einem möglichst langen Gang gefahren wird. Weiter ist die Automatisierung einer Kupplung Voraussetzung für die Automatisierung eines Schaltgetriebes, was im Ergebnis zu automatischen Getrieben führt, die kostengünstiger als herkömmliche, mit Planetensätzen arbeitende Automatgetriebe sind und mit besserem Wirkungsgrad arbeiten.

Die Automatisierung einer Kupplung mittels eines Aktors, beispielsweise eines Elektromotors, setzt eine genaue Kenntnis der jeweiligen Betriebsstellung der Kupplung voraus. Dazu erfolgt eine Wegmessung in der Bewegungsübertragung von dem Aktor zu der Kupplung. Diese Wegmessung ist naturgemäß mit Toleranzen behaftet, die beispielsweise während des Betriebs der Kupplung auftreten, oder mit unmittelbaren Fehlern behaftet, wie sie beispielsweise bei der Impulszählung von Inkrementalsensoren vorkommen. Deshalb ist es zweckmäßig, wenigstens eine vorbestimmte Betriebsstellung der Kupplung zu erfassen und diese Stellung als Bezugswert für die Wegmessung zu verwenden, d. h. das Wegsignal in der vorbestimmten Betriebsstellung beispielsweise auf Null oder einen anderen Bezugswert abzugleichen.

Aus der DE 44 33 825 A1 ist ein Kupplungsaktor mit Inkrementalwegmessung bekannt, bei dem als Referenzpositionen und damit für einen möglichen Zählfehlerausgleich feste Anschläge an beiden Enden des Stellbereiches des Kupplungsaktors dienen.

Auch wenn diese Endanschläge genau bekannt sind, bleibt das Problem bestehen, daß ein Kupplungsverschleiß, insbesondere Verschleiß des Kupplungsbelags, nicht unmittelbar erfaßt wird, was zu Komforteinbußen bei der Kupplungs-betätigung führen kann. Ebenso kann eine beispielsweise temperaturbedingte Änderung der Lage der Tellerfederungen nicht erfaßt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu dessen Durchführung anzugeben, mit dem bzw. der die automatische Betätigung einer Kupplung hinsichtlich der Steuer- bzw. Regelgenauigkeit und damit hinsichtlich einer vorbestimmten, komfortablen Kupplungs-betätigung verbessert werden kann.

Der das Verfahren betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder Anspruches 2 gelöst. Danach bildet erfindungsgemäß der Greifpunkt der Kupplung den Bezugspunkt für den Nullabgleich der Wegmessung. Eine genaue Kenntnis dieses Greifpunktes hat den Vorteil, daß damit alle anderen für die Kupplungs-betätigung maßgeblichen Eckdaten, wie z. B. Abstand des Trennpunktes der Kupplung vom Greifpunkt, Hub bis zum vollständigen Öffnen der Kupplung und Hub bis zur vollständig geschlossenen Kupplung genau berücksichtigt werden können, da sie jeweils relativ zum Greifpunkt angegeben werden können und in einem elektronischen Steuergerät kupplungsspezifisch abgelegt werden können.

Für die Erkennung des Greifpunktes, das ist der Punkt, bei dem die Kupplung soweit geschlossen ist, das sie ein vorbestimmtes Drehmoment überträgt, gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Beispielsweise kann ein in einem elektronischen Steuergerät abgelegtes Kennfeld die Drehzahl des unter einem vorbestimmten Lastmoment laufenden Antriebsmotors in Abhängigkeit von der Stellung eines Ladungswechselsteuerorgans enthalten. Das vorbestimmte Lastmoment entspricht dem Moment, das die Kupplung im Greifpunkt überträgt. Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiterhin auf die älteren Anmeldungen DE 40 11 850, DE 44 26 260 und DE 196 52 244, deren Inhalt ausdrücklich zum Offenbarungsinhalt der vorliegenden Anmeldung gehört.

Der Greifpunkt kann auch dadurch ermittelt werden, daß mittels eines Momentensensors das im Antriebsstrang übertragene Moment erfaßt wird. Eine andere Möglichkeit zur Erkennung des Greifpunktes besteht darin, das Moment zu ermitteln, mit dem sich der Motor in einer Motorlagerung abstützt.

Der die Vorrichtung betreffende Teil der Erfindungsaufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst.

Die Ansprüche 6 bis 9 sind auf vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung gerichtet.

Die Erfindung ist auf alle Arten der automatischen Kupplungs-betätigung anwendbar, auch fahrzeugfremde Anwendungen sowie Fahrzeuganwendungen bei denen auch das Schaltgetriebe mittels Aktoren automatisch betätigt wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung von Fehlern bei der inkrementalen Messung der Position und/oder Geschwindigkeit eines Elements, insbesondere eines Aktors. Die Erfindung stellt auch Möglichkeiten zur Behandlung von solchen Fehlern bereit.

Bei inkrementalen Meßsystemen, insbesondere Inkrementalwegmeßsystemen, ermöglicht die Erkennung von Sensorfehlern die Vermeidung einer ansonsten fehlerhaften Positions- und/oder Geschwindigkeitsbestimmung. Speziell bei hochpräzisen Systemen, wie etwa bei Inkrementalwegmeßsystemen an einem elektromechanischen Aktor eines elektromotorischen, automatisierten Schaltgetriebes (ASG), ist eine solche fehlerhafte Positionierung eines die Gangwahl bestimmenden Schaltglieds zu vermeiden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit dem/der sich eine präzise Erkennung von eventuell auftretenden Sensorfehlern und somit eine genaue Positions- und/oder Geschwindigkeitsmessung erzielen läßt.

Diese Aufgabe wird mit den im Patentanspruch 10 genannten Maßnahmen bzw. mit den Merkmalen des Patentanspruchs 31 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Fehlererkennung werden somit die von den Sensoren erzeugten Impulsfolgen einer Korrelationsprüfung unterzogen. Hierbei werden die physikalisch vorliegenden Pulsfolgen dahingehend überprüft, ob sie ähnlich sind. Bei korrekten Sensorsignalen verlaufen die Signale im wesentlichen gleich und werden lediglich bei einem Bewegungsrichtungswechsel hinsichtlich ihrer gegenseitigen Phasenlage und ihrer jeweiligen Impulsbreite kurzzeitigen Abweichungen unterworfen. Durch diese Korrelationsprüfung läßt sich somit eine aussagestarke Bewertung der Korrektheit der Sensorsignale erzielen.

Alternativ zur Korrelationsprüfung, vorzugsweise aber zusätzlich hierzu, wird eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt, bei der ein Schätzwert für den zu messenden Parameter gebildet wird. Dieser Schätzwert, der den eigentlich zu erwartenden Wert mehr oder weniger grob repräsentiert, wird mit dem tatsächlichen Wert verglichen. Es wird somit eine Beurteilung des Meßergebnisses anhand eines Referenzwerts durchgeführt. Bei größeren Abweichungen zwischen dem Schätzwert und dem Meßergebnis stellt dies einen deutlichen Hinweis auf das Vorliegen von Sensorfehlern dar.

Mit der Erfindung lassen sich somit Sensorfehler mit hoher Genauigkeit feststellen, so daß dafür Sorge getragen werden kann, daß diese gestörten Sensorsignale nicht zu einer unerkant fehlerhaften Ermittlung der Position und/oder der Geschwindigkeit des Stellelements führen. Die fehlerhaften Sensorsignale können dann durch auf andere Weise gewonnene Ersatzwerte ersetzt werden, so daß trotz dieser Sensorfehler doch noch eine ausreichend genaue Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung möglich ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

Es stellen dar:

Fig. 1 einen Antriebsstrangs eines Fahrzeugs mit automatischer Kupplung,

Fig. 2 Details der Kupplungsbetätigung gemäß Fig. 1,

Fig. 3 u. 4 zwei Beispiele von Kennlinien gebräuchlicher Kupplungen,

Fig. 5 ein Motorkennfeld,

Fig. 6 ein Flußbild zur Darstellung der Greifpunktkennung,

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform eines Gebers zur Erzeugung der Sensorsignale,

Fig. 8 zeigt die vom Geber gemäß Fig. 7 abgegebenen Pulssignale sowie ein durch EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung der beiden Sensorsignale gewonnenes Pulssignal,

Fig. 9 zeigt unterschiedliche Formen von Sensorfehlern,

Fig. 10 zeigt ein Beispiel einer Korrelationsprüfschaltung,

Fig. 11 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Korrelationsprüfschaltung und

Fig. 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit Korrelations- und Plausibilitätsprüfung.

Gemäß Fig. 1 ist ein Antriebsmotor 2 eines Kraftfahrzeugs über eine automatisiert betätigbare Kupplung 4 mit einem Schaltgetriebe 6 verbunden, welches über eine Kardanwelle 8 ein Differential 10 einer Hinterachse 12 des Fahrzeugs antreibt. Zur Steuerung des Antriebsstrangs ist ein elektronisches Steuergerät 14 mit Eingabe/Ausgabe Interfaces 16, einem Mikroprozessor 18 und einem Speicher 20 vorgesehen.

Als Sensoren, die Signale an das Steuergerät 14 liefern, sind vorgesehen ein Geschwindigkeitssensor 22, ein Drehmomentsensor 24, ein Inkrementalsensor 26, ein Frischladungsdurchflußsensor 30, sowie ein Temperatursensor 32. Der Frischladungsdurchflußsensor detektiert den Durchfluß des Kraftstoffgemisches zur Versorgung des Verbrennungsmotors.

In der Figur ist offen gelassen, wie das Schaltgetriebe 6 betätigt ist. Wenn das Schaltgetriebe 6 automatisch betätigt ist, sind weitere Sensoren im Schaltgetriebe vorgesehen. Wenn es von Hand betätigt wird, können zusätzliche Sensoren zur Erfassung der Stellung des Schaltgetriebes sowie der Betätigung eines Ganghebels durch einen Fahrer vorgesehen sein. Ein weiterer Eingang des Steuergerätes 14 ist mit einem Gaspedal 34 verbunden. Diese Signale können auch von einer Motorsteuerung oder einer anderen Elektronikeinheit über einen Datenbus, wie CAN-Bus, übertragen werden.

Entsprechend in dem Steuergerät 14 abgelegten Algorithmen wird in Abhängigkeit von den ihm von den Sensoren gelieferten Eingangssignalen ein als Elektromotor 36 ausgebildeter Aktor für die Kupplung 4 und eine Drosselklappe 38 des Antriebsmotors 2 angesteuert. Ebenso ist auch ein anderer Aktor zur Betätigung des Drehmomenteingriffs des Motors möglich.

Fig. 2 zeigt etwas genauer ein Ausführungsbeispiel einer von einem Elektromotor angesteuerten Kupplung, die von einer Betätigungsverrichtung automatisiert betätigt wird und die von einer Steuereinheit gesteuert wird:

Innerhalb eines Gehäuses 40 ist der Elektromotor 36 aufgenommen und treibt über eine mit seiner Antriebswelle drehfest verbundene Schnecke 42 ein Schneckenrad 44, welches über eine Kurbel 46 mit einem linearverschiebbaren Bauteil 48 verbunden ist, das wiederum mit dem Ausrückhebel 50 der Kupplung 4 verbunden ist. Der Drehwinkel des Elektromotors und/oder der Schnecke 42 wird mittels des Inkrementalsensors 26 erfaßt, dessen Ausgangsleitung 52 bei Verdrehung um jeweils ein Winkelinkrement einen Impuls an das Steuergerät 14 schickt. Über die Übersetzung des Schneckengetriebes und der Kurbel 46 besteht somit eine eindeutige Beziehung zwischen der Inkrementzählung und der Verschiebung des Bauteils 48 und damit über die gegebenen kinematischen Verhältnisse der Veränderungen der Betriebsstellung der Kupplung 4. Ebenso kann ein Inkrementalwegsensor als Sensor zur Detektion des Einrückzustandes der Kupplung verwendet werden. Dieser Sensor kann zwischen einem Ausrücksystem, wie Ausrücklager, und dem Motor zum Antrieb der Betätigungsbewegung erfolgen.

Die Steuereinheit 14 nimmt bei vorliegendem Greifpunkt einen Abgleich des Sensors vor und Speicher diesen neu abgegleichen Sensorwert in einem Speicher der Steuereinheit ab.

An dem Schneckenrad 44 ist ein Anschlagzapfen 54 vorgesehen, der mit nicht dargestellten gehäusefesten Anschlägen zusammenwirkt und die Verdrehbarkeit des Schneckenrades 44 derart begrenzt, daß die Kupplung 4 jeweils innerhalb des zulässigen Verstellbereiches betätigt wird. Damit der Elektromotor 36 und das Schneckengetriebe 42, 44 sowie die Kurbel 46 von den Betätigungskräften der Kupplung weitgehend entlastet sind, wirkt mit dem längsbeweglichen Bauteil 48 ein Federspeicher 56 zusammen.

Fig. 3 zeigt die Kennlinie beispielsweise einer sogenannten SAC Kupplung (self adjusting clutch), wie sie in der deutschen Patentanmeldung P 42 39 289.6 beschrieben ist. Auf der Senkrechten ist das von der Kupplung übertragbare Moment M aufgetragen auf der Waagrechten der Betätigungsweg W. Die schraffierten Außenflächen geben die Stellbereichsgrenzen entsprechen Anschlägen im Aktor an, wobei der Betätigungsweg W beispielsweise der Weg des linearbeweglichen Bauteils 48 ist. Wie ersichtlich, überträgt die Kupplung im Ruhezustand das maximale Moment. Im Ruhezustand liegt beispielsweise der Anschlagzapfen 54 an einem seiner Anschläge an oder ist davon wenig beabstandet. Nach

einem bestimmten Weg des Bauteils 48 beginnt die innerhalb der Kupplung wirksame Andruckkraft, der Position A abzunehmen und erreicht bei weiterer Verschiebung des Bauteils 48 schließlich den Greifpunkt G der dadurch definiert ist, daß die Kupplung ein vorbestimmtes Moment  $M_g$  übertragen kann. Bei weiterer Betätigung kommt die Kupplung außer Eingriff und kann kein Drehmoment mehr übertragen, so daß der Trennpunkt T erreicht ist. Wird das Bauteil 48 weiterbewegt, wird schließlich der Punkt O der vollständigen Öffnung der Kupplung erreicht.

Die Qualität der Kupplungssteuerung bzw. Regelung, d. h. der dem Fahrer gelieferte, programmierte Komfort hängt ganz entscheidend von der Kenntnis des Greifpunktes G ab, da relativ zum Greifpunkt die steuerungsrelevanten Eckdaten, wie z. B. Abstand a Greifpunkt Trennpunkt, Abstand b Greifpunkt zu Punkt A der vollständig geschlossenen Kupplung und Abstand c zwischen Greifpunkt und vollständig geöffneter Kupplung bekannt sind. Mit Kenntnis dieser Daten lassen sich Algorithmen programmieren die ein komfortables Kuppeln unter allen Betriebsbedingungen sicherstellen. Die genannten Abstände a, b, c, sind kupplungsspezifisch und bleiben relativ zum Greifpunkt G bei Verschleiß des Reibbelags der Kupplung konstant. Ist die Kennlinie der Kupplung  $M(W)$  in einem Speicher abgelegt, kann bei der Kenntnis eines Punktes, wie beispielsweise des Greifpunktes, die Kennlinie eindeutig definiert werden.

Eine genaue Kenntnis der Absolutlage des Greifpunktes G beispielsweise durch einen bestimmten Zählerstand des dem Inkrementalsensor 26 zugeordneten Zählers im Steuergerät 14 ist somit eine entscheidende Voraussetzung für einen sicheren und wohldefinierten Betrieb der automatischen Kupplungsbetätigung. Wie diese Greifpunktstellung des Bauteils 48, als Bezugswert für die Wegmessung, wie Inkrementalwegmessung, durch den Inkrementalsensor 40 herangezogen und ständig aktualisiert werden kann, wird weiter unten erläutert.

Fig. 4 zeigt eine der Fig. 3 entsprechende Darstellung für eine Kupplung zuge drückt wird. Die Bezeichnungen entsprechen funktional denen der Fig. 3, wobei der im Fahrbetrieb praktisch benutzte Punkt A des maximal zu übertragenden Moments naturgemäß einen geringen Abstand von der der absoluten Stellbereichsgrenze (rechts schraffiert) hat.

Die Relativlage zwischen den schraffierten Stellbereichsgrenzen und dem Greifpunkt G ändert sich mit Verschleiß, thermischer Dehnung oder Fliehkraft des Kupplungsbelags, so daß die Grenzen vorteilhafterweise mittels des Anschlagzapfens 54 unmittelbar erfaßt werden oder nach einer anfänglichen Festlegung im Neuzustand der Kupplung aus einer jeweiligen Verschiebung des Greifpunktes G errechnet werden oder sonstwie erkannt werden. Die Erkennung einer Stellbereichsgrenze führt zur Abschaltung des Aktors, so daß dieses vor Überlastung und die Kupplung vor Beschädigung geschützt ist.

Anhand der Fig. 5 und 6 wird beispielhaft eine Greifpunkterkennung mit Abgleich der Wegmessung erläutert.

Fig. 5 zeigt ein Motorkennfeld. Senkrecht ist der vom Durchflußsensor 30 gemessene Ladungsdurchsatz F dargestellt. Die Waagrechte bedeutet die vom Drehzahlsensor 28 erfaßte Drehzahl n. Die Kurvenschar gibt für verschiedene Betriebstemperaturen T1 bis T5 des Antriebsmotors schematisch den Zusammenhang zwischen Drehzahl und Ladungsdurchsatz wieder wobei die Kurven jeweils bei einem vorbestimmten Lastmoment, d. h. im Greifpunkt der Kupplung, ermittelt sind. Die Fig. 5 stellt somit ein "Greifpunkt-Drehmoment-Kennfeld" des Antriebsmotors 2 mit der Kupplung 4 dar.

Sei nun gemäß Fig. 6 angenommen, daß die Kupplung 4 bei einem Anfahrvorgang völlig geöffnet ist, d. h. sich im Punkt O befindet und ein Gang eingelegt ist und in Stufe 100 vom Steuergerät 20 der Befehl kommt "Schließe Kupplung", woraufhin der Elektromotor 36 anläuft und das Bauteil 48 in Schließrichtung der Kupplung 4 verschiebt. In Stufe 102 wird laufend ermittelt, ob einer der Kennfeldpunkte gemäß Fig. 5 erreicht ist, d. h. ob bei der jeweiligen Betätigung des Gaspedals 34, bzw. dem jeweiligen Durchsatz F und der jeweiligen Motortemperatur T die Motordrehzahl einem im Kennfeld gemäß Fig. 5 abgespeicherten Wert entspricht. Tritt dies ein, so wird dies als Erreichen des Greifpunktes G gewertet und der im Steuergerät 14 erreichte Zählerstand eines dem Inkrementalsensor 26 zugeordneten Zählers wird als aktualisierter Bezugswert in dem Speicher 20 abgespeichert. Gleichzeitig wird in Stufe 106 ein Kupplungsbetätigungsprogramm aktiviert, welches jeweils beim Erreichen des Greifpunktes G einsetzt und eine komfortable Betätigung der Kupplung entsprechend den jeweiligen Anforderungen (Stellung des Gaspedals 34 usw. gewährleistet).

In ähnlicher Weise kann der Bezugswert jedesmal abgeglichen werden, wenn der Greifpunkt G erreicht wird, so daß die Wegmessung jeweils auf einem definierten Bezugswert aufsetzt und der Betriebszustand der Kupplung anhand der Wegmessung präzise gesteuert bzw. geregelt werden kann.

Es versteht sich, daß es zahlreiche weitere Möglichkeiten gibt, den Greifpunkt zu ermitteln, beispielsweise dadurch, daß der Drehmomentsensor 24 ein bestimmtes Drehmoment erreicht, was naturgemäß vom geschalteten Gang abhängig ist, oder dadurch, daß ein Stützmoment gemessen wird, das der Antriebsmotor 2 auf seine Lagerung ausübt usw.

Zur Verdeutlichung der vorliegenden Erfindung wird im folgenden zunächst anhand der Fig. 7 bis 9 der Sensorabschnitt eines Inkrementalwegmeßsystems einschließlich der von diesem abgegebenen Ausgangssignale erläutert.

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung des Sensorabschnitts des Inkrementalwegmeßsystems mit einem Steuermagneten 201, der eine Mehrzahl von Magnetpolzähnen aufweist und an der Abtriebswelle eines nicht dargestellten Elektromotors angebracht oder derart mit dieser gekoppelt ist, daß die Abtriebswellendrehung eine Drehung des Steuermagneten 201 bewirkt. Der Elektromotor bildet den Aktor eines automatisierten Schaltgetriebes und dient zur linearen Verstellung eines der Schaltgetriebebestellung vorgebenden Schaltglieds, das entsprechend der vom Fahrer des Kraftfahrzeugs befohlernen Gangwahl zu verstellen ist. An der Umlaufbahn des Steuermagneten 201 sind zwei oder mehr Sensoren, vorzugsweise in der Form von Hall-Sensoren 202 und 203 angeordnet, die bei Vorbeilaufen der Magnetpole jeweils Ausgangssignale  $U_{H1}$  bzw.  $U_{H2}$  erzeugen. Aufgrund der versetzten Anordnung der Sensoren 202 und 203 sind auch die von ihnen erzeugten Pulssignale  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  phasenversetzt, wie dies aus Fig. 8 ersichtlich ist.

Aus der jeweiligen Phasenlage der beiden Impulsfolgen  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  läßt sich die Drehrichtung des Steuermagneten 201 und damit des diesen antreibenden Elektromotors und folglich die Position und/oder Geschwindigkeit des zu steuernden Elements ermitteln. Entsprechend der erkannten Drehrichtung werden die Pulse (Inkmente) vorzeichenrichtig aufsummiert, woraus sich die jeweilige Position des zu überwachenden bzw. zu steuernden Elements ergibt. Weiterhin ergibt sich aus der Anzahl der Impulse je Zeiteinheit, oder durch Ermittlung der Impuls-Periodendauer mit Hilfe eines Referenzzählers, die Frequenz des Pulssignals, die in eindeutiger Beziehung mit der Drehzahl des Elektromotors bzw. mit der Geschwindigkeit des von diesem angetriebenen Elements (Stellglied) steht.

Zur Erhöhung der Positionsauflösung können die beiden Pulsfolgen  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  einer EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung unterzogen werden, so daß sich das in Fig. 8 an unterer Stelle gezeigte Pulssignal  $U_P$  ergibt, das doppelte Frequenz wie die Pulssignale  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  und damit doppelt so viele Flankenübergänge enthält. Die Positionsauflösung läßt sich bei Auswertung des Pulssignals  $U_P$  verdoppeln.

Zur nochmaligen Verdoppelung der Auslösung kann ferner eine Zweiflankenauswertung vorgesehen werden, bei der die Abarbeitung einer Interrupt-Routine zur Positionserfassung bei jeder positiven und negativen Flanke des Pulssignals  $U_P$  aufgerufen wird.

Vorzugsweise ist eine zusätzliche Referenzpositionsmessung vorgesehen, durch die der absolute Bezug wieder hergestellt werden kann, da mit inkrementalen Wegmeßsystemen nur relative Wegänderungen erfaßt werden können.

Anhand Fig. 9 werden zunächst die wichtigsten Fehlermöglichkeiten bei der Inkrementalwegmessung unter Verwendung von Hall-Sensoren beschrieben.

Bei allen Fig. 9a) bis 9d) stellt der jeweils obere Impulszug das Ausgangssignal des einen Hall-Sensors dar, während der darunter angegebene Signalverlauf das Ausgangssignal des anderen Sensors repräsentiert.

Fig. 9a) zeigt den Fall eines vollständigen Ausfalls eines der beiden Hall-Sensoren 202, 203, was zur Folge hat, daß nur noch einer der beiden Hall-Sensoren ein Impulssignal erzeugt, während das Signal des anderen Hall-Sensors konstant den Wert 0 oder 1 hat.

Fig. 9b) zeigt den Fall des Ausfalls beider Hall-Sensoren 202, 203. In diesem Fall liefern beide Sensoren konstante Ausgangspegel auf beiden Signalleitungen, die entweder beide bei 0 liegen oder einen von 0 abweichenden Wert haben können.

In Fig. 9c) ist der Fall der Überlagerung von zusätzlichen Störimpulsen gezeigt, die zum Beispiel durch elektromagnetische Einstrahlung hervorgerufen werden können. Diese Störimpulse (peaks) können zusätzliche Sensorimpulse vortäuschen oder auch Sensorimpulse teilweise oder vollständig auslöschen. Diese Störimpulse lassen sich prinzipiell nicht von den wahren Sensorimpulsen unterscheiden. Da die Auswirkungen dieser Störimpulse auf die beiden Hall-Sensoren jedoch generell, schon aufgrund deren Ortsversatz, unterschiedlich stark sind, werden die Sensorsignale auch deutlich unterschiedlich beeinflusst. Der obere Kurvenzug in Fig. 9c) zeigt, daß das Ausgangssignal des einen Hall-Sensors im wesentlichen ungestört ist, während der untere Kurvenzug in Fig. 9c) veranschaulicht, daß das dort dargestellte Sensorsignal durch die Störimpulse stark verfälscht wird.

Fig. 9d) zeigt den Fall von Vibrationen des Steuermagnets 201, und damit des zu überwachenden Elements bzw. des elektromechanischen Aktors, um eine Ruhelage. Solche Vibrationen können dazu führen, daß das eine Sensorsignal (oberer Kurvenzug) eine Pulsfolge mit einer von den Vibrationen abhängigen Pulsfrequenz zeigt, während das Ausgangssignal des anderen Sensors konstanten Pegel besitzt. Bei diesem Bewegungsablauf ergibt sich eine ständig wechselnde Bewegungsrichtung, so daß ein alternierendes Richtungssignal erzeugt werden sollte, das eine vorzeichenrichtige Summation der Inkremente bzw. Impulse bewirkt, und sich somit der korrekte Positionswert ergibt. Da sich bei Vibrationen gegebenenfalls einstellende Signalmuster ist somit demjenigen bei Sensorausfall (Fig. 9a)) ähnlich. Jedoch wechselt das Signalmuster bei erneuter Ansteuerung des Antriebs, d. h. vorzugsweise des elektromechanischen Antriebs, zum normalen Signalmuster über, da nun beide Sensoren wieder Pulsfolgen erzeugen.

Vor der eigentlichen Signalauswertung findet eine Aufbereitung der von den Sensoren 202, 203 abgegebenen Pulssignale statt. Hierbei werden die Pulssignale zur Unterdrückung von hochfrequenten, durch elektromagnetische Einstrahlungen verursachten Störungen tiefpaßgefiltert und, wie im Stand der Technik bekannt, "entprellt". Hierdurch wird eine obere Grenzfrequenz für die Pulsfolge festgelegt. Alternativ ist es auch möglich, eine minimal zulässige Pulsdauer zu definieren und Pulse mit einer kürzeren Pulsdauer nicht auszuwerten. Hierdurch werden kurzzeitige Störeinstrahlungen zwischen einzelnen Impulsen oder im Bereich der ansteigenden oder abfallenden Impulsflanken zuverlässig unterdrückt. Diese Vorverarbeitung kann mittels separater Elemente oder in der Eingangsbeschaltung der Signalauswertungsstufe durchgeführt werden. In manchen Fällen kann diese Vorverarbeitung auch unterbleiben.

Die gegebenenfalls vorverarbeiteten Pulssignale werden dann einer Verarbeitung zur Erkennung von Sensorfehlern unterzogen. Diese Verarbeitung enthält eine Korrelationsprüfung und/oder eine Plausibilitätsprüfung. Im folgenden wird zunächst die Korrelationsprüfung in größeren Einzelheiten beschrieben.

Bei der Korrelationsprüfung handelt es sich um eine logische Verarbeitung, bei der Abweichungen der beiden Pulssignal-Folgen erkannt und der übergeordneten Steuerung signalisiert werden. Diese Signalisierung von festgestellten, unzulässigen Abweichungen ist insbesondere bei einer EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung der beiden Sensorsignale zur Verdoppelung der Pulsfrequenz wichtig, da bei Ausfall eines Sensorsignal die Pulsfrequenz des durch EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung gebildeten Ausgangssignals halbiert wird und diese Halbierung bei der Positions- und Geschwindigkeits-erfassung berücksichtigt und kompensiert werden muß, insbesondere im Rahmen der Interrupt-Service-Routine für die Positionserfassung.

Die Korrelationsprüfung beruht darauf, daß die beiden Impulsfolgen  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  üblicherweise im wesentlichen synchron laufen und sich hinsichtlich der Impulszahl je Zeiteinheit zumindest bei gleichbleibender Drehrichtung nicht nennenswert unterscheiden. Bei der Korrelationsprüfung wird überprüft, ob die beiden Pulsfolgen  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  asynchron laufen, d. h. sich hinsichtlich ihrer Impulszahl um mehr als eine vorgegebene, gegebenenfalls einstellbare Schwelle  $n_1$  unterscheiden. Wird festgestellt, daß sich die Pulsfolgen um mehr als  $n_1$  wechselseitige Impulse unterscheiden, wird ein Fehlersignal erzeugt, d. h. eine Fehlererkennung gesetzt.

Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Korrelationsprüfung, bei dem die beiden Pulssignale  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  einer Korrelationsprüfschaltung 204 in Form einer frei programmierbaren Logikschaltung FPGA (field programmable gate array) zugeführt werden. Die Logikschaltung 204 führt die EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung der Eingangssignale durch und bildet hierdurch das an einem Ausgangsanschluß 206 abgegebene Pulssignal  $U_P$ . Weiterhin bewirkt die Logikschaltung 204 die Erkennung eines Drehrichtungswechsels aus einer Verschiebung der gegenseitigen Phasenlagen der Eingangspulssignale und erzeugt an einem Ausgangsanschluß 205 das Drehrichtungssignal  $U_R$ , das lediglich zwei Pegel entsprechend der jeweiligen Drehrichtung annehmen kann.

Ferner führt die Logikschaltung 204 die Korrelationsprüfung durch und gibt abhängig vom Prüfergebnis am Aus-

gangsanschluß 207 ein Signal  $U_{\text{Fehler}}$  ab, dessen Pegel bei Ermittlung von unzulässigen, Sensorfehler signalisierenden Abweichungen umgeschaltet wird und hierdurch der übergeordneten Steuerung das Vorhandensein von Fehlern signalisiert. Wird anschließend festgestellt, daß die Sensorsignale wieder in korrelierten Zustand gelangt sind, wird das Fehler-signal rückgesetzt. Diese Signalauswertung kann durch Zählroutinen in der Logikschaltung 204, d. h. durch entsprechende Programmierung, bewirkt werden. Beispielsweise kann die mangelnde Korrelation der beiden eingangsseitigen Pulsfolgen  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  mittels einer Zweirichtungszählfunktion erfolgen, die einen Pulsdifferenzzähler bildet und bei jeder ansteigenden (oder abfallenden) Flanke des einen Pulssignals hochgezählt und bei jeder ansteigenden (oder abfallenden) Flanke des anderen Signals herabgezählt wird. Wenn der Zählstand der Zweirichtungszählfunktion einen bestimmten Schwellwert überschreitet oder unterschreitet, wird die Fehlererkennung gesetzt. Der Schwellwert kann fest vorgegeben oder einstellbar sein.

Die Korrelationsprüfung wird auch nach dem Setzen der Fehlererkennung fortgesetzt. Wird hierbei erkannt, daß die Pulsfolgen wieder in korrelierten Zustand gelangt sind, wird die Fehlererkennung automatisch zurückgesetzt. Diese Rücksetzung kann beispielsweise dann stattfinden, wenn eine definierte Anzahl  $n_2$  von systemkorrekt abwechselnd aufeinanderfolgenden Impulsen der beiden Pulsfolgen erfaßt worden ist. Die Anzahl  $n_2$  kann hierbei gleich  $n_1$  sein oder sich auch hiervon unterscheiden. Die Überprüfung der Wiedererlangung der Korrelation kann beispielsweise mittels eines Zählers bzw. einer Zählfunktion erfolgen, der bzw. die somit einen Korrelationszähler bildet und die Anzahl von korrekt wechselseitig aufeinanderfolgenden Impulsen der beiden Pulsfolgen zählt. Der Korrelationszähler wird dann, wenn zwei oder mehr aufeinanderfolgende Impulse im gleichen Signal ohne zwischenzeitliches Auftreten eines Impulses im anderen Signal vorhanden sind, jeweils zurückgesetzt. Übersteigt der Zählstand des Korrelationszählers den Schwellwert  $n_2$ , wird die Fehlererkennung zurückgesetzt.

Bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 10 ist die Logik für diese Korrelationsprüfung der beiden Eingangssignale hardwaremäßig im Rahmen der Logikschaltung 204, d. h. der Eingangsschaltung für das nachgeschaltete, mit den Ausgangsanschlüssen 205 bis 207 verbundene Steuergerät implementiert. Hierdurch wird das Steuergerät durch diese Korrelationsprüfung nicht belastet. Es ist jedoch auch möglich, die Korrelationsprüfung innerhalb des Steuergeräts vorzunehmen. In diesem Fall kann der Ausgang 207 bei der Logikschaltung 204 entfallen.

Fig. 11 zeigt Einzelheiten eines Ausführungsbeispiels der Korrelationsprüfschaltung mit automatischer Rücksetzung des Fehlersignals bei der Wiedererlangung des korrelierten Zustands. Ein Zweirichtungszähler 208 empfängt an seinem Aufwärts-Zähleingang "Auf" das eine Impulssignal, beispielsweise  $U_{H1}$ , während das andere Pulssignal, zum Beispiel  $U_{H2}$ , an seinen Abwärts-Zähleingang "Ab" angelegt ist. Bei korrelierten Impulsfolgen treten die Impulse abwechselnd auf, so daß der Zählwert des Zweirichtungszählers 208 ständig zwischen 0 und 1 wechselt, d. h. lediglich das geringstwertige Bit LSB des Zählerausgangs abwechselnd umschaltet. Alle höherwertigen Bitstufen des Zählerausgangs behalten den niedrigen Pegelzustand dauerhaft bei. Bei Auftreten eines Fehlers, zum Beispiel des Ausfalls des am Abwärts-zähleingang anliegenden Pulssignals, zählt der Zweirichtungszähler 208 hoch, so daß die höherwertigen Ausgangsbitstufen nacheinander auf hohen Pegel wechseln. Mit einem höherwertigen Bitsanschluß, zum Beispiel der Bitstufe Nummer 204, ist der Setzeingang eines Flip-Flops 209 verbunden, so daß dieses bei Hochzählen des Zählers 8 auf  $\pm 8$  gesetzt wird und an seinem Ausgang das Fehlersignal erzeugt.

Zur automatischen Rücksetzung der Fehlererkennung nach Wiedererlangung der Korrelation ist ein weiterer Zähler 210 vorgesehen, dessen Zähleingang mit der Bitstufe LSB des Zweirichtungszählers 208 verbunden ist. Der Zähler 210 zählt daher die Anzahl aufeinanderfolgender Signalwechsel am Ausgang LSB. Der Löscheingang CL des Zählers 210 ist mit dem Ausgangsbit 202 des Zweirichtungszählers 208 verbunden, so daß der Zähler 210 jedesmal dann gelöscht wird, wenn das Ausgangsbit 202 des Zweirichtungszählers 208 von 0 auf 1 wechselt. Sofern keine Korrelation vorliegt, wechselt der Signalpegel des Ausgangsbits 202 des Zweirichtungszählers 208 wiederholt zwischen 0 und 1, so daß der Zähler 210 immer wieder zurückgesetzt wird. Lediglich wenn die Korrelation der beiden Eingangspulssignale wieder erreicht ist, wechselt nur noch das Ausgangsbit 1 (LSB) wiederholt seinen Pegel, so daß der Zähler 210 hochzählt und nicht wieder gelöscht wird. Der Rücksetzeingang des Flip-Flops 209 ist mit einem höherwertigen Ausgangsbit, zum Beispiel dem Ausgangsbit 205 des Zählerausgangs 210 verbunden, so daß das Flip-Flop 209 wieder zurückgesetzt und damit das Fehlersignal auf 0 gelegt wird, wenn eine bestimmte Anzahl von wechselseitigen Impulsen der Eingangs-Pulsfolgen erfaßt worden ist.

Bei der Schaltung gemäß Fig. 11 kann der Fall auftreten, daß trotz korrekt wiedererlangter Korrelation die mit dem Setzeingang des Flip-Flops 209 oder mit dem Löschan-schluß des Zählers 210 verbundenen Ausgänge des Zählers 208 dauerhaft den Wert "1" behalten. Deshalb werden vorzugsweise flankengetriggerte Eingänge für den Setzeingang und Löschan-schluß verwendet, die lediglich auf ansteigende Flanke, nicht aber auf kontinuierlich anliegendes Signal ansprechen. Alternativ kann der Zweirichtungszähler 208 periodisch rückgesetzt werden.

Im folgenden wird die Plausibilitätsprüfung in größeren Einzelheiten erläutert. Hierbei wird für den zu messenden Parameter anhand anderer Meßwerte ein Schätzwert gebildet und dieser Schätzwert mit dem gemessenen Wert verglichen. Wenn die Abweichungen innerhalb eines bestimmten zulässigen Rahmens liegen, kann davon ausgegangen werden, daß der Meßwert korrekt ist, d. h. die Sensorsignale ungestört sind, und somit der Meßwert als zuverlässig beurteilt werden kann. Diese Vorgehensweise läßt sich für beliebige zu messende Parameter, zum Beispiel Position, Geschwindigkeit oder Drehzahl einsetzen. Im folgenden wird ein Beispiel näher erläutert, bei dem als elektromechanischer Aktor ein Motor eingesetzt wird, dessen Drehzahl anhand der Sensorsignale ermittelt werden soll. Diese Drehzahl stellt zugleich die eindeutige Aussage über die jeweilige Geschwindigkeit, und damit auch den jeweiligen Ort des durch den Motor angetriebenen Elements dar.

Zur Bildung des Schätzwerts läßt sich die Motordrehzahl unter Vernachlässigung der Ankerzeitkonstanten beim Stromaufbau anhand der Ankerspannung  $U_A$  des Ankerstroms  $I_A$  sowie bekannter Motorkenngrößen näherungsweise folgendermaßen berechnen:

$$n_M = \frac{1}{2\pi} \frac{U_A - R_A I_A}{k\Phi}$$

Hierbei bezeichnet  $R_A$  den Ankerwiderstand (einschließlich sämtlicher parasitärer Widerstände, wie etwa der Shuntwiderstände zur Strommessung, des Innenwiderstands der Endstufe und der Spannungsversorgung usw.).  $k$  bezeichnet die Motorkonstante, während  $\Phi$  den durch den Permanentmagneten 201 hervorgerufenen magnetischen Fluß bezeichnet.

Aufgrund der Vernachlässigung der Ankerzeitkonstanten und auch wegen Temperatureinflüssen und sonstigen Parameterschwankungen wie etwa alterungsbedingten Änderungen ergibt sich bei dieser Vorgehensweise lediglich ein Schätzwert für die tatsächliche Motordrehzahl, der jedoch dennoch relativ genau ist und zur Plausibilitätsprüfung der Meßgröße herangezogen werden kann.

Alternativ zur direkten Berechnung des Schätzwerts für die Drehzahl oder auch zusätzlich hierzu, kann die Drehzahl mittels eines Störbeobachters, der über den Ankerstrom nachgeführt wird, ermittelt werden. Hierzu wird beispielsweise ein Aktormodell (Störgrößenbeobachter) nachgebildet, das durch den Ankerstrom nachgeführt wird. Als Ausgangsgröße des Beobachters erhält man den Schätzwert für die Störgröße, d. h. für die Motordrehzahl.

Der zur Ermittlung des Drehzahlschätzwerts zu messende Ankerstrom kann an beliebiger Stelle nach Betrag und Richtung gemessen werden. Vorzugsweise wird der Ankerstrom im Hinblick auf eine kostengünstige, technisch einfache Realisierung im Massepfad der Leistungsendstufe gemessen, bei der der Ankerstrom lediglich eine Stromrichtung aufweisen kann. Der Ankerstrom muß somit nur betragsmäßig erfaßt werden, was sich technisch einfach bewerkstelligen läßt.

Vorzugsweise werden die Korrelations- und die Plausibilitätsprüfung kombiniert durchgeführt, so daß sich die eingangs erläuterten Sensorfehler zuverlässig erkennen und ferner auch entsprechend behandeln lassen. Es können somit für erkannte Sensorfehler Ersatzstrategien bereitgestellt werden.

In der nachfolgenden Tabelle 1 ist ein Überblick über die Klassifizierung von Sensorfehlern und die im Fehlerfall zu ergreifenden Ersatzstrategien gezeigt.

		Korrelationsprüfung	
		Signale ok	Signale fehlerhaft
Plausibilitätsprüfung	Signale ok	Sensorsignal OK  ▷ Richtungssignal ü ▷ Pulssignal ü	"Vibration" oder einseitig überlagerte Störimpulse  ▷ Richtungssignal ü ▷ Pulssignal ü
	Signale fehlerhaft	Systematischer Fehler in beiden Sensorsignalen  ▷ Position durch Integration des Drehzahlschätzwertes bestimmen	Ausfall eines Sensors  ▷ Richtungssignal aus Drehzahlschätzwert  ▷ Pulssignal mit halber Pulsfrequenz

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, werden das Richtungssignal und das Pulssignal unverändert übernommen, wenn die Plausibilitätsprüfung ergeben hat, daß die Sensorsignale im wesentlichen korrekt sind. Dies gilt sowohl für den Fall, daß auch bei der Korrelationsprüfung kein Fehler gefunden wurde, als auch für den Fall, daß bei der Korrelationsprüfung die Signale als fehlerhaft erkannt wurden. In diesem Fall werden die Signalstörungen als Vibrationen oder einseitig überlagerte Störimpulse eingestuft.

Wenn die Plausibilitätsprüfung aber zum Ergebnis "Signale fehlerhaft" geführt hat, wird bei korrekt bestandener Korrelationsprüfung auf systematische Fehler in beiden Sensorsignalen geschlossen und als Reaktion die Position des durch



die Antriebseinrichtung angetriebenen Elements durch Integration des Drehzahlschätzwerts bestimmt. Wenn auch die Korrelationsprüfung zum Ergebnis "Signale fehlerhaft" geführt haben sollte, wird in diesem Fall auf den Ausfall eines Sensors geschlossen und das Richtungssignal aus dem Drehzahlschätzwert gebildet sowie bei der Positions- und/oder Geschwindigkeitsauswertung berücksichtigt, daß das Pulssignal lediglich halbe Pulsfrequenz aufweist.

Bei der Plausibilitätsprüfung wird hierbei eine Fehlertoleranz vorgegeben, d. h. eine zulässige Differenz zwischen Schätzwert und aktuellem Meßwert zugelassen. Lediglich wenn die Abweichungen zwischen dem geschätzten Wert und dem aktuell gemessenen Wert größer als diese Fehlertoleranz sein sollte, wird die Plausibilitätsprüfung als nicht bestanden bewertet und auf fehlerhafte Sensorsignale rückgeschlossen.

Die Plausibilitätsprüfung und die gegebenenfalls erforderliche Bereitstellung von geeigneten Ersatzwerten für als fehlerhaft erkannte Meßwerte kann sowohl in einem Hochgeschwindigkeits-Interrupt bzw. einer Hochgeschwindigkeits-Interruptroutine (HSI-Interrupt = high speed input interrupt) vorgenommen werden, der bei jeder positiven und/oder negativen Signalfanke des an ihm anliegenden Eingangssignal ausgelöst wird. Alternativ ist es auch möglich, diese Plausibilitätsprüfung und/oder die gegebenenfalls erforderliche Bereitstellung geeigneter Ersatzwerte in einem "niederfrequent" arbeitenden Steuerungsinterrupt bzw. einer Steuerungs-Interruptroutine vorzunehmen, die zum Beispiel für die Lageregelung vorgesehen ist. Zur Vermeidung einer zu starken Belastung des Prozessors sind die Plausibilitätsprüfung und die Ersatzwert-Bereitstellung vorzugsweise im Steuerungsinterrupt vorgesehen.

Fig. 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein Steuergerät 211 nicht nur die Logikschaltung 204 enthält, sondern auch einen Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt (Unterbrechungsroutine bzw. -abschnitt) 212 (HSI-Interrupt) und eine Steuerungs-Unterbrechungsroutine 213 (Steuerungs-Interrupt) aufweist. Der Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt 212 empfängt die drei Ausgangssignale  $U_R$ ,  $U_P$  und  $F_{\text{Korr}}$  ( $= U_{\text{Fehler}}$ ) der Logikschaltung 204 und bewirkt die Positions- und Drehzahlerfassung. Das von der Logikschaltung 4 abgegebene Fehlersignal wird auch an den Steuerungs-Interrupt 213 angelegt, der die Plausibilitätsprüfung und Klassifizierung durchführt und abhängig von erkannten Fehlerzuständen und dem Zustand des Fehlersignals der Logikschaltung 204 geeignete Ersatzwerte (Tabelle 1) bereitstellt. Der Steuerungs-Interrupt erhält für die Plausibilitätsprüfung vom Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt 212 den Drehzahlwert  $n_M$  und das Positionssignal  $x$  und vergleicht diese Werte mit dem intern gebildeten Schätzwert.

Der Steuerungs-Interrupt 213 ist weiterhin mit dem Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt 212 über eine Signalleitung "Mode" verbunden, über die dem Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt 212 bei Erkennung des Ausfalls eines Sensors dieser Zustand signalisiert wird. Insbesondere bei EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung der beiden Pulssignale  $U_{H1}$  und  $U_{H2}$  und der hierdurch erzielten Frequenzverdopplung signalisiert das Signal "Mode" bei erkanntem Ausfall eines Sensors, daß das an den Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt angelegte Pulssignal  $U_P$  nur noch halbe Frequenz aufweist, und daher auch nur noch unter Berücksichtigung dieser halbierten Frequenz auszuwerten ist.

Alternativ kann die Positions- und Drehzahlerfassung auch im Steuerungsinterrupt 213 durchgeführt werden. In diesem Fall läuft im Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt 212 nur ein richtungsabhängiger Zähler zur Aufsummation der Inkremente sowie die Bestimmung der Zeitdauer zwischen zwei Pulsflanken (Zählerstand). Die Auswertung dieser Größen geschieht im Steuerungsinterrupt 213 unter Berücksichtigung der Qualität, das heißt der Fehlerfreiheit oder Fehlerbehaftetheit, der Sensorsignale. Bei dieser Ausführungsform ist die Belastung des Prozessors des Steuergeräts aufgrund der vereinfachten Service-Routine des Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupts verringert.

Die vorliegende Erfindung kann nicht nur bei elektromechanischen Aktoren in automatisierten Schaltungsgetrieben zum Einsatz kommen, sondern allgemein bei beliebig gearteten Steuergeräten und Sensorgestaltungen, bei denen ein beliebiger Parameter durch Auswertung von zwei oder mehr pulsformigen, phasenversetzten Sensorsignalen zu ermitteln ist. Vorzugsweise handelt es sich bei dem inkrementalen Meßverfahren und -Meßgerät aber um ein Inkrementalweg-Meßverfahren bzw. Inkrementalweg-Meßsystem.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf die Ausführungsbeispiele der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfinderisch sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschritfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Nullabgleich einer Wegmessung in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einer Kupplung, insbesondere einer im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einem Antriebsmotor und einem Schaltgetriebe enthaltenen Kupplung, dadurch gekennzeichnet, daß der Greifpunkt der Kupplung erfaßt wird und den Bezugspunkt für den Nullabgleich der Wegmessung bildet.
2. Verfahren zum Nullabgleich einer Wegmessung mit einem Inkrementalsensor in der Bewegungsübertragung von einem Aktor zu einer Kupplung, insbesondere einer im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einem Antriebsmotor und einem Schaltgetriebe enthaltenen Kupplung, dadurch gekennzeichnet, daß der Greifpunkt der Kupplung erfaßt wird und den Bezugspunkt für den Nullabgleich der Wegmessung bildet.



3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Greifpunkt anhand eines in einem Speicher eines elektronischen Steuergerätes abgelegten Kennfeldes erfaßt wird, welches die Drehzahl des Antriebsmotors in Abhängigkeit von dem Frischladungsdurchsatz enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Greifpunkt durch einen im Antriebsstrang enthaltenen Momentensensor erfaßt wird.
5. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, enthaltend einen Antriebsmotor, ein Schaltgetriebe, eine Kupplung zwischen dem Antriebsmotor und dem Schaltgetriebe, einen Aktor zum Betätigen der Kupplung, eine Wegmeßeinrichtung zur Erfassung der Betriebsstellung der Kupplung und ein mikroprozessor-gesteuertes Steuergerät zum Ansteuern des Aktors, welches Steuergerät einen Speicher zum Speichern einer vorbe-stimmten Betriebsstellung der Kupplung als Bezugswert für die Wegmeßeinrichtung und eine Abgleicheinrichtung enthält, welche den Bezugswert bei Erreichen der vorbestimmten Betriebsstellung aktualisiert, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Erkennen des Greifpunktes der Kupplung als vorbestimmte Betriebsstellung.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Erkennen des Greifpunktes der Kupplung ein im Speicher des Steuergerätes abgelegtes Kennfeld enthält, welches den Betrieb des Antriebsmotors in der Greifpunktstellung der Kupplung darstellt, wobei, ausgehend von geöffneter Kupplung, ein Erreichen eines Kennfeldpunktes als Erreichen des Greifpunktes gewertet wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Erkennen des Greifpunktes ein Drehmomentsensor enthält, der das über eine im Antriebsstrang enthaltene Welle übertragene Drehmoment erfaßt, wobei als Greifpunkt gewertet wird, wenn dieses Drehmoment, ausgehend von geöffneter Kupplung, einen Schwellwert überschreitet.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor ein Elektromotor ist und die Wegmeßeinrichtung einen die Drehung einer Welle des Elektromotors erfassenden Inkrementalzähler enthält.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungsübertragung zwi-schen Aktor und Kupplung eine Anschlagseinrichtung zur Begrenzung des Stellbereichs der Kupplung enthält.
10. Verfahren zur Erkennung, und gegebenenfalls Behandlung von Fehlern bei der inkrementalen Messung der Posi-tion und/oder Geschwindigkeit eines Elements, insbesondere eines Aktors in einem Kraftfahrzeug, bei dem zwei Sensoren entlang der Bewegungsbahn eines Elements oder eines hiermit gekoppelten Gebers versetzt angeordnet sind und bei Bewegung des Elements phasenversetzte Impulssignal-Folgen erzeugen, die durch eine Auswerte-schaltung zur Positions- und/oder Geschwindigkeitserfassung ausgewertet werden, die die beiden Impulssignal-Folgen einer Korrelationsprüfung unterzieht und/oder eine Plausibilitätsprüfung hinsichtlich des Auswertungser-gbnisses durchführt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Auswerteschaltung bei der Korrelationsprüfung gegenseitige Abwei-chungen der beiden Impulssignal-Folgen ermittelt und bei Erkennung von einem Schwellwert überschreitenden Ab-weichungen ein Fehlersignal erzeugt.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, bei dem die Auswerteschaltung Unterschiede der Impulszahl der beiden Impulssignal-Folgen ermittelt und bei einer einen Schwellwert überschreitenden Differenz ein Fehlersignal erzeugt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Auswerteschaltung einen Zweirichtungs-zähler enthält, der die Impulse der einen Impulssignal-Folge in Aufwärtsrichtung und diejenigen der anderen Im-pulssignal-Folge in Abwärtsrichtung zählt und bei Erreichen bzw. Über- oder Unterschreiten eines bestimmten Zählwerts ein Fehlersignal erzeugt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Auswerteschaltung die Korrelationsprüfung auch nach Erkennung eines Fehlers fortsetzt und ein die fehlende Korrelation signalisierendes Fehlersignal rück-setzt, wenn die Korrelation für eine bestimmte Dauer oder eine bestimmte Impulsanzahl wieder gegeben ist.
15. Verfahren nach Anspruch 14, mit einem Zähler, der in Abhängigkeit von der Anzahl ununterbrochen aufeinan-derfolgender Impulswechsel zwischen den beiden Impulssignal-Folgen zählt und bei Erreichen eines bestimmten Zählstands die Rücksetzung des Fehlersignals bewirkt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Auswerteschaltung eine Eingangsbeschal-tung, insbesondere in Form einer frei programmierbaren Logikschaltung, aufweist, an der die beiden Impulssignal-Folgen an liegen und die die Korrelationsprüfung durchführt.
17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem die frei programmierbare Logikschaltung ein, insbesondere durch EX-KLUSIV-ODER-Verknüpfung der beiden Impulssignal-Folgen gebildetes, Puls-Ausgangssignal ( $U_p$ ) und ein Dreh-richtungssignal ( $U_R$ ) sowie vorzugsweise gegebenenfalls auch ein Fehlersignal ( $U_{Fehler}$ ) bei mangelnder Korrelation erzeugt.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Plausibilitätsprüfung ein Schätzwert für den zu erfassenden Parameter gebildet und dieser mit dem durch die Auswerteschaltung ermittelten Meßwert für diesen Parameter verglichen wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem der Schätzwert aus der Drehzahl eines das Element antreibenden Motors gebildet wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem die Motordrehzahl des Motors anhand der Ankerspannung und des An-kerstroms des Motors geschätzt wird.
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Störgrößenbeobachter, der einen Antriebspa-rameter, insbesondere den Ankerstrom, ermittelt und hieraus den Schätzwert bildet.
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Ankerstrom des Motors an der den Anker-strom erzeugenden Endstufe, insbesondere in deren Massepfad, gemessen wird.
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Plausibilitätsprüfung, und vorzugsweise auch die Positions- und/oder Geschwindigkeitserfassung, insbesondere Drehzahlerfassung, in einer Interrupt-Steuerung eines Steuergerätes erfolgt.
24. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem die Interruptsteuerung eine Hochgeschwindigkeitseingabe-Interrupt-

steuerung enthält, die bei jeder positiven und/oder negativen Signalfanke aktiviert wird.

25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, bei dem die Interruptsteuerung eine Interruptsteuerung, insbesondere zur Lagerregelung des Aktors, ist.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Sensoren Hall-Sensoren sind.

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die beiden Impulssignal-Folgen einer EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung zur Bildung eines Pulssignals doppelter Frequenz unterzogen werden.

28. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem dann, wenn die Plausibilitätsprüfung fehlerhafte Signale signalisiert, die Korrelationsprüfung jedoch keine Fehlermeldung ergibt, die Position des Elements durch Integration des Schätzwerts, insbesondere des Motor-Drehzahl-Schätzwerts, bestimmt wird.

29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem dann, wenn sowohl die Plausibilitätsprüfung als auch die Korrelationsprüfung fehlerhafte Signale anzeigen, das Richtungssignal für die Bewegungsrichtung des Elements aus dem Schätzwert, insbesondere dem Motor-Drehzahlschätzwert, ermittelt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem einer der Positions- und/oder Geschwindigkeitserfassung bewirkenden Auswertestufe ein Signal zugeführt wird, das signalisiert, daß die durch EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung der beiden Impulssignal-Folgen gebildete Pulsfolge nur halbe Pulsfrequenz besitzt.

31. Vorrichtung zur Erkennung, und gegebenenfalls Behandlung, von Fehlern bei der Positions- und/oder Geschwindigkeitserfassung eines Elements, mit einem Inkremental-Meßsystem mit zwei Sensoren die phasenversetzte Impulssignal-Folgen erzeugen, und mit einer Auswerteschaltung, die die Position und/oder Geschwindigkeit des Elements aus den Impulssignal-Folgen ermittelt und eine Korrelationsprüfstufe zur Prüfung der Korrelation der beiden Impulssignal-Folgen und/oder eine Plausibilitätsprüfstufe zur Prüfung der Plausibilität des ermittelten Meßwerts durch Vergleich mit einem für den gemessenen Parameter gebildeten Schätzwert aufweist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Korrelationsprüfstufe und/oder Plausibilitätsprüfstufe in einem mit den Sensoren verbundenen Steuergerät enthalten sind.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, bei der die Korrelationsprüfstufe in einer Eingangsbeschaltung, insbesondere in einer frei programmierbaren Logikschaltung, enthalten ist.

34. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, bei der ein Zweirichtungszähler vorhanden ist, dem die eine Impulssignal-Folge an seinem Aufwärts-Zählanschluß und die andere Impulssignal-Folge an seinem Abwärts-Zählanschluß zugeführt werden.

35. Vorrichtung nach Anspruch 34, mit einem weiteren Zähler, der die Anzahl ordnungsgemäßer Impulswechsel zwischen den beiden Impulssignal-Folgen zählt und die Rücksetzung eines fehlende Korrelation signalisierenden Fehlersignals bei Erreichen eines bestimmten Zählwerts bewirkt.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 33, mit einer Hochgeschwindigkeitseingabe-Interruptsteuerung, die die Positions- und/oder Geschwindigkeitserfassung, insbesondere Drehzahlerfassung, durchführt.

37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 36, mit einer Interruptsteuerung für die Lagerregelung, die die Plausibilitätsprüfstufe bildet.

38. Vorrichtung nach Anspruch 36 und 37, bei der die Interruptsteuerung der Hochgeschwindigkeitseingabe-Interruptsteuerung ein Kennungssignal ("Mode") bei nicht bestandener Plausibilitätsprüfung zuführt.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 38, bei der die Plausibilitätsprüfstufe bei nicht bestandener Plausibilitätsprüfung Ersatzwerte für den oder die zu messenden Parameter bereitstellt.

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 39, bei der die Auswerteschaltung ein Steuergerät, insbesondere zur Steuerung eines automatisierten Schaltgetriebes, ist.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

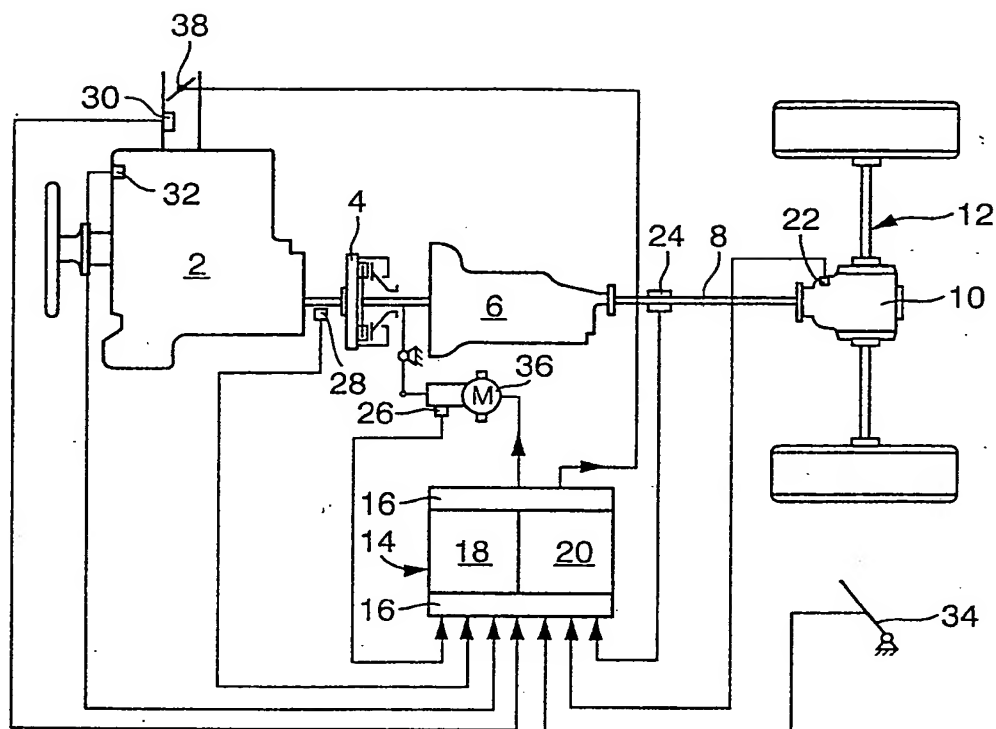


Fig. 1

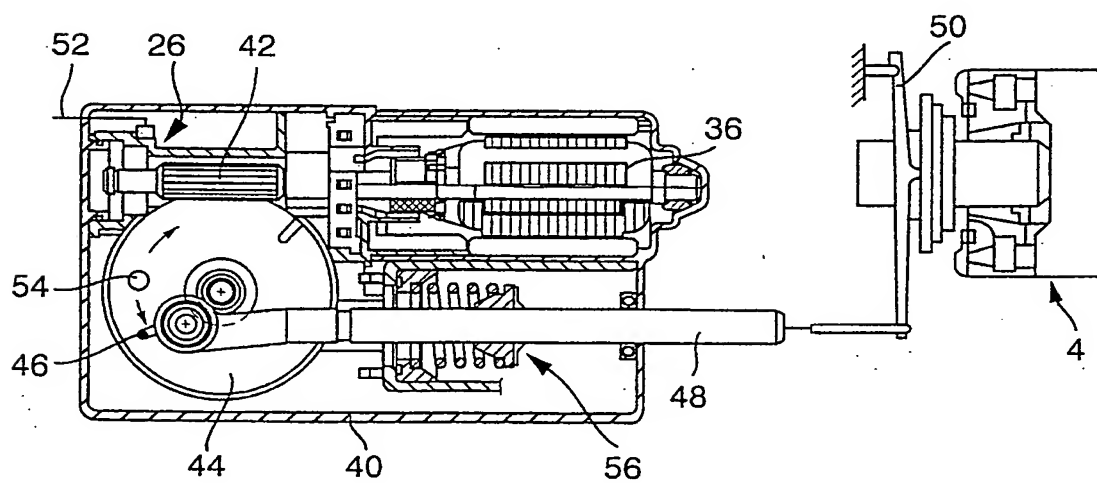


Fig. 2

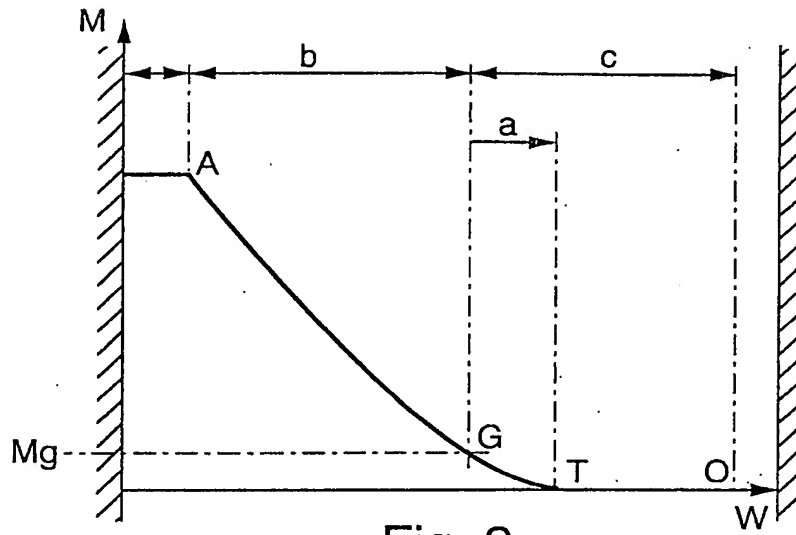


Fig. 3

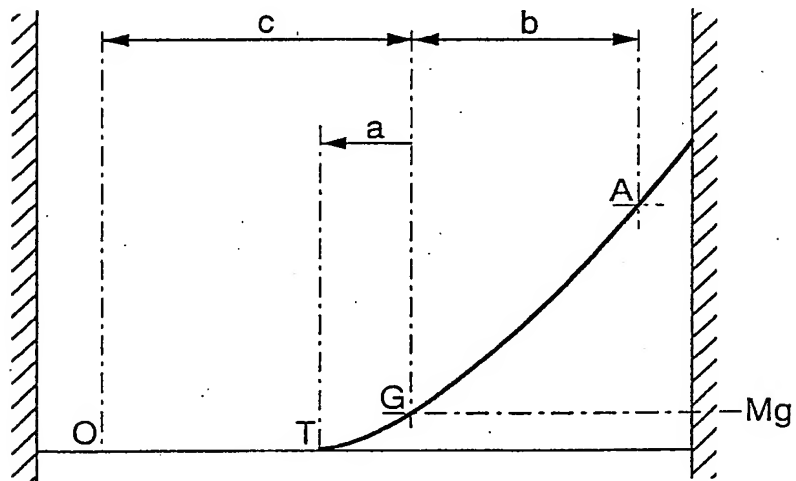


Fig. 4

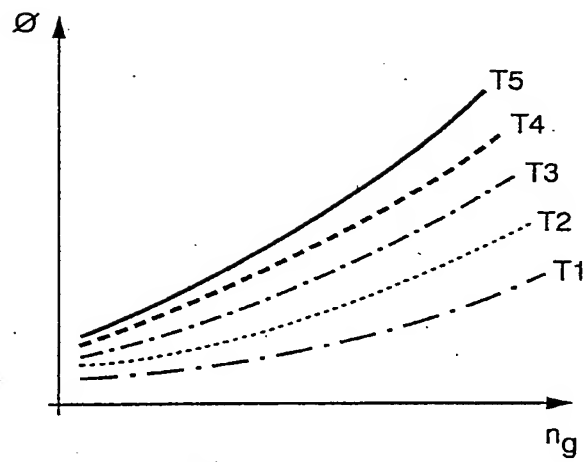


Fig. 5

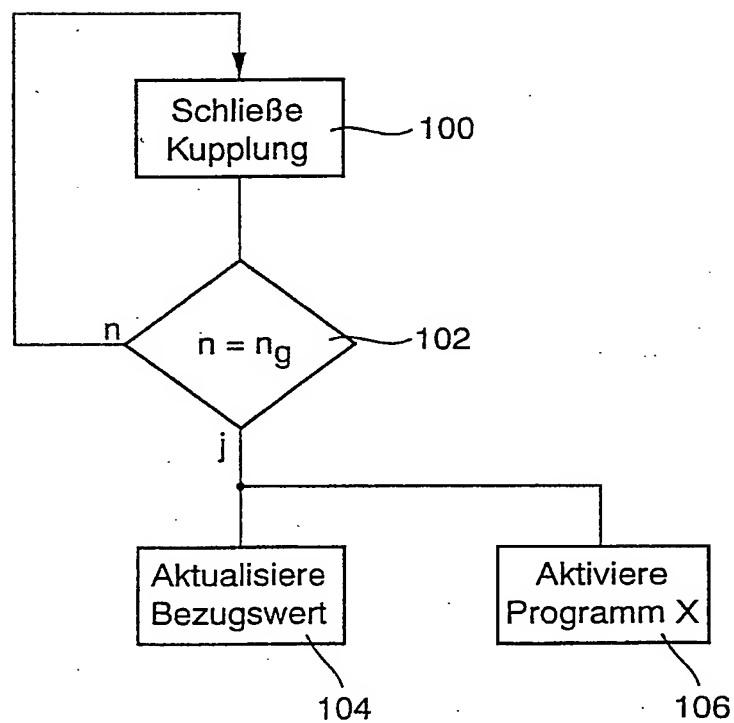


Fig. 6

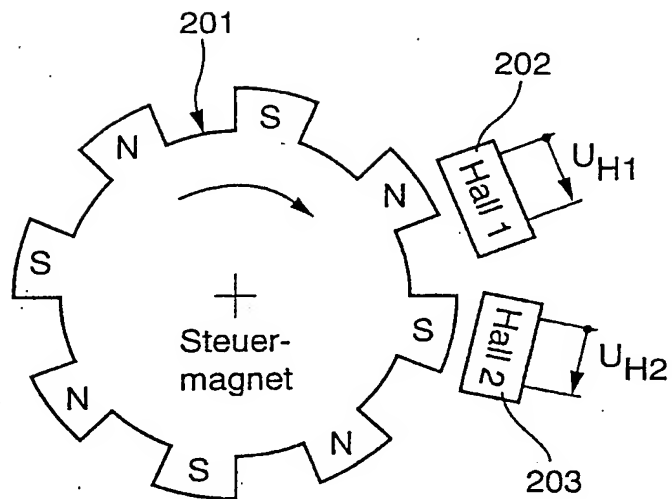


Fig. 7

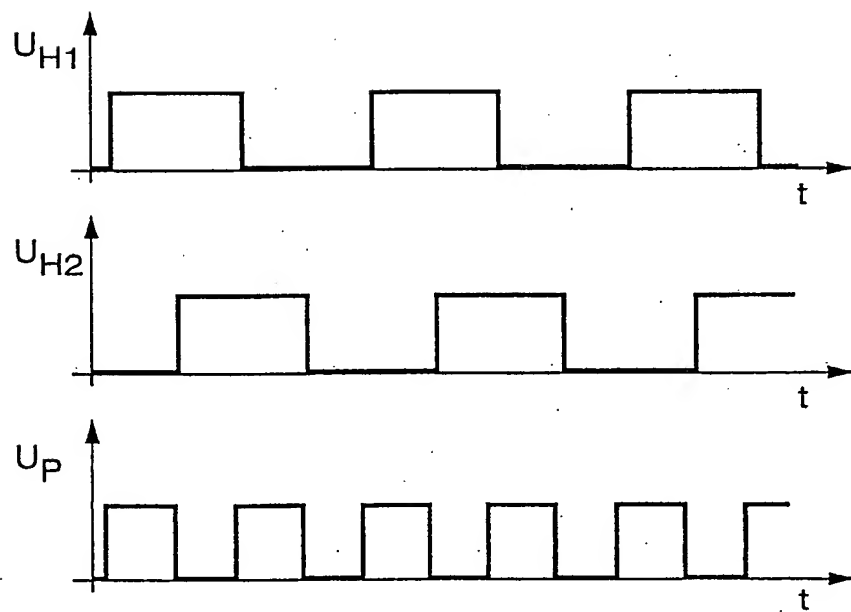


Fig. 8



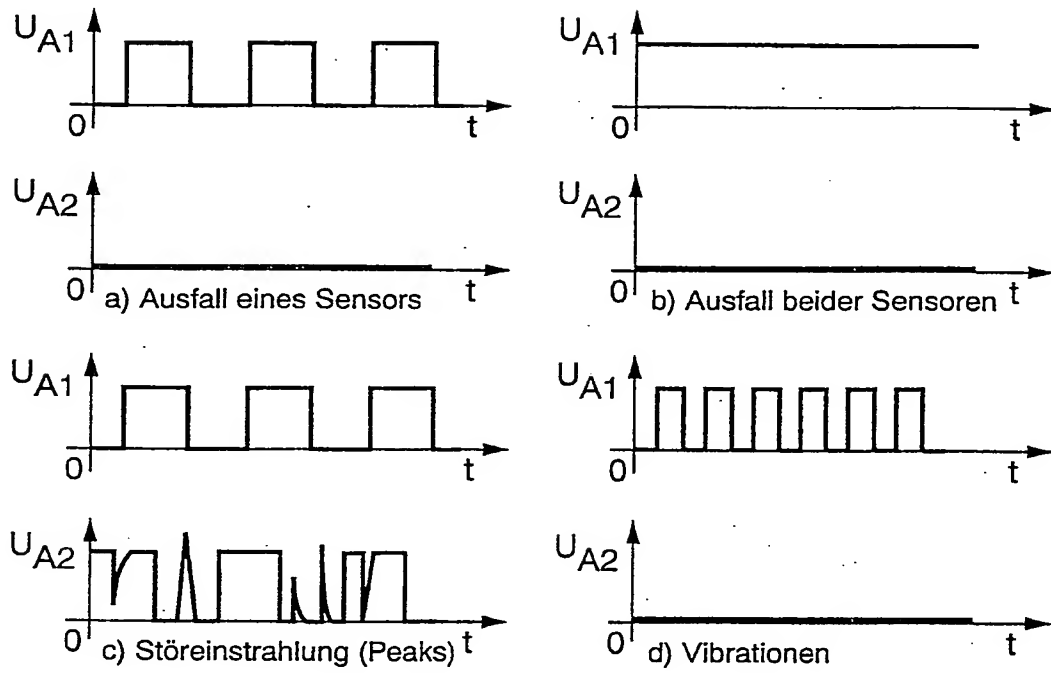


Fig. 9

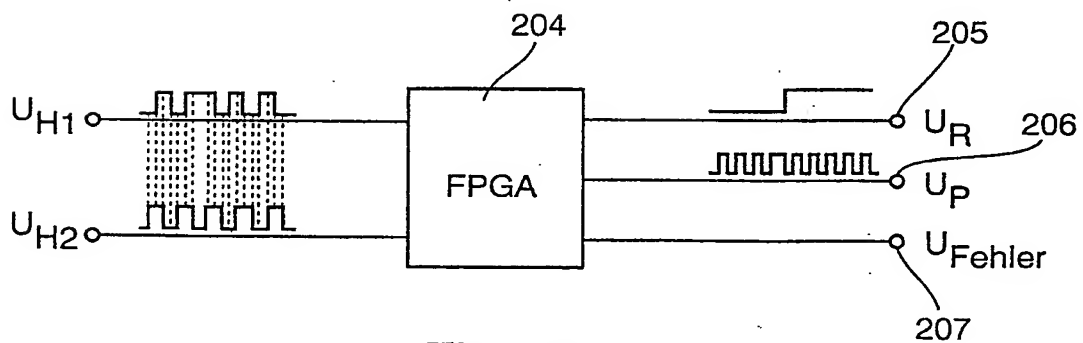


Fig. 10

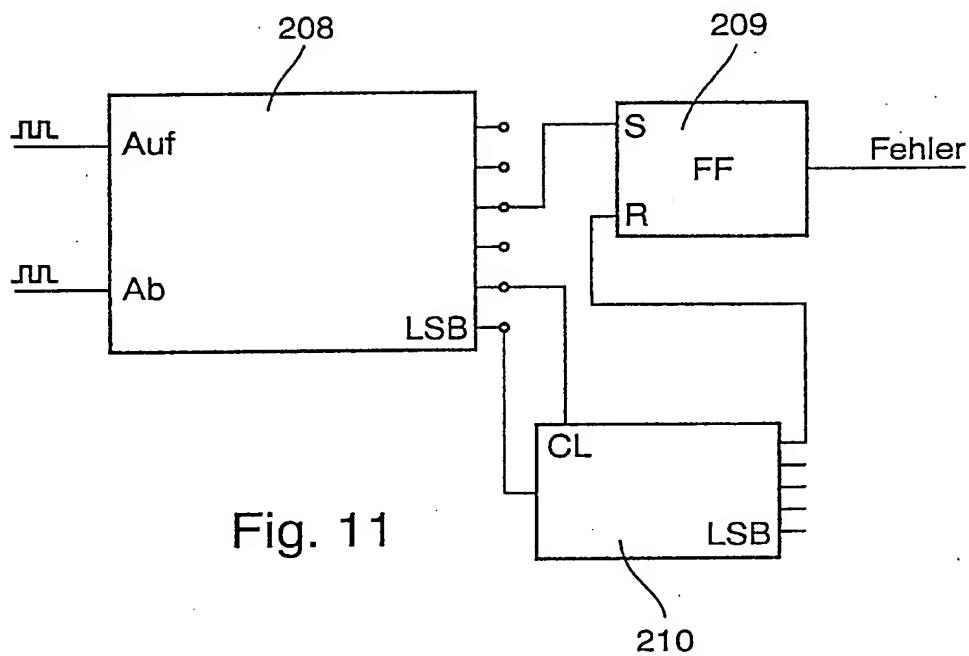


Fig. 11

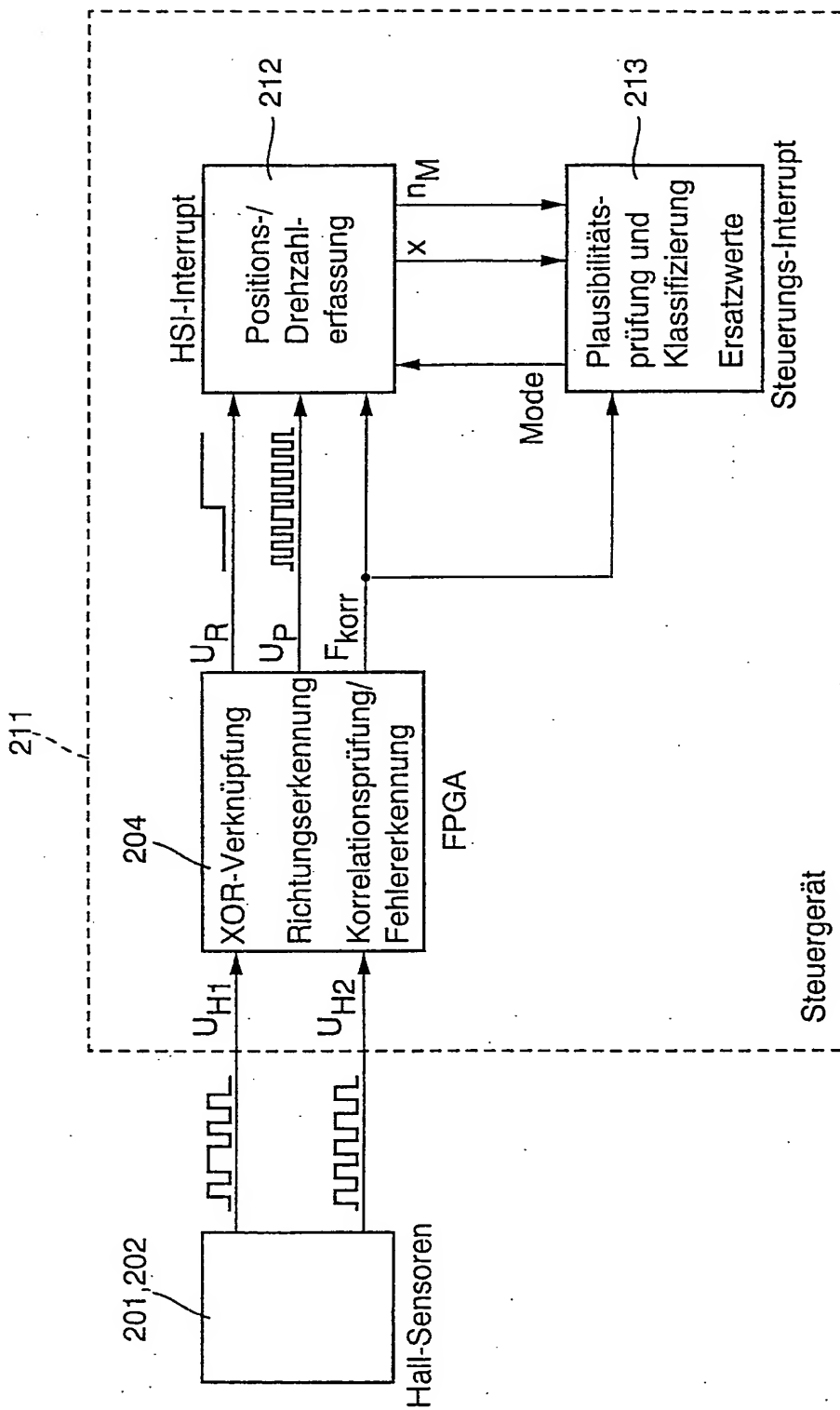


Fig. 12